

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Pada tahapan ini menerangkan perihal penyelesaian permasalahan *Economic Dispatch* menggunakan *Gaussian Particle Swarm Optimization* (GPSO), untuk menentukan biaya pembangkitan yang paling ekonomis/efisien, sedangkan untuk menyelesaikan permasalahan aliran daya atau istilah yang umum digunakan yaitu *load flow analysis* menggunakan *Newton Raphson*.

#### 3.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data karakteristik pembangkit yakni berupa data daya maksimal dan minimal pembangkit, tingkat panas (*heatrate*) pembangkit (nilai konstanta/tetapan  $a, b, c$ ), harga serta jenis bahan bakar, karakteristik saluran masing-masing bus beserta beban. Sistem yang digunakan merupakan sistem standar *IEEE 26 bus*.

##### 3.1.1 Karakteristik Fungsi Biaya Masing-Masing Pembangkit

Masing-masing pembangkit memiliki karakteristik serta fungsi biaya yang berbeda-beda/bervariasi. Berikut ini merupakan nilai dari fungsi biaya masing-masing pembangkit dapat diamati pada **Tabel 3.1**

**Tabel 3.1** Fungsi Biaya Masing-Masing Pembangkit

Unit. pembangkit	Koefisien Biaya Pembangkitan		
	a	b	c
1	240	7.0	0.0070
2	200	10.0	0.0095
3	220	8.5	0.0090
4	200	11.0	0.0090
5	220	10.5	0.0080
6	190	12.0	0.0075

(Sumber: *Power System Analysis*, Hadi Saadat)

### 3.1.2 Data Karakteristik Saluran

Data karakteristik saluran *System Standatd IEEE 26 Bus* dapat diamati pada **Tabel 3.2**, dimana pada sistem ini memiliki 26 saluran yang saling terhubung diantara beban dan generator.

**Tabel 3.2** Data Karakteristik Saluran Transmisi *System Standatd IEEE 26 Bus*.

Nomer Saluran	Dari bus	Ke bus	Saluran Impedansi		Setengah Saluran Pengisian Substansi (p.u)
			Resistansi (p.u)	Reaktansi (p.u)	
1	1	2	0.00055	0.00480	0.03000
2	1	18	0.00130	0.01150	0.06000
3	2	3	0.00146	0.05130	0.05000
4	2	7	0.01030	0.05860	0.01800
5	2	8	0.00740	0.03210	0.03900
6	2	13	0.00357	0.09670	0.02500
7	2	26	0.03230	0.19670	0.00000
8	3	13	0.00070	0.00548	0.00050
9	4	8	0.00080	0.02400	0.00010
10	4	12	0.00160	0.02070	0.01500
11	5	6	0.00690	0.03000	0.09900
12	6	7	0.00535	0.03060	0.00105
13	6	11	0.00970	0.05700	0.00010
14	6	18	0.00374	0.02220	0.00120
15	6	19	0.00350	0.06600	0.04500
16	6	21	0.00500	0.09000	0.02260
17	7	8	0.00120	0.00693	0.00010
18	7	9	0.00095	0.04290	0.02500
19	8	12	0.00200	0.01800	0.02000
20	9	10	0.00104	0.04930	0.00100
21	10	12	0.00247	0.01320	0.01000
22	10	19	0.05470	0.23600	0.00000
23	10	20	0.00660	0.01600	0.00100
24	10	22	0.00690	0.02980	0.00500
25	11	25	0.09600	0.27000	0.01000
26	11	26	0.01650	0.09700	0.00400
27	12	14	0.03270	0.08020	0.00000
28	12	15	0.01800	0.05980	0.00000
29	13	14	0.00460	0.02710	0.00100
30	13	15	0.01160	0.06100	0.00000
31	13	16	0.01793	0.08880	0.00100
32	14	15	0.00690	0.03820	0.00000
33	15	16	0.02090	0.05120	0.00000

34	16	17	0.09900	0.06000	0.00000
35	16	20	0.02390	0.05850	0.00000
36	17	18	0.00320	0.06000	0.00000
37	17	21	0.22900	0.44500	0.00000
38	19	23	0.03000	0.13100	0.00000
39	19	24	0.03000	0.12500	0.00200
40	19	25	0.11900	0.22490	0.00400
41	20	21	0.06570	0.15700	0.00000
42	20	22	0.01500	0.03660	0.00000
43	21	24	0.04760	0.15100	0.00000
44	22	23	0.02900	0.09900	0.00000
45	22	24	0.03100	0.08800	0.00000
46	23	25	0.09870	0.11680	0.00000

(Sumber: Power System Analysis, Hadi Saadat)

### 3.1.3 Data Beban dan Pembangkit

Data beban serta pembangkit pada *System Standatd IEEE 26 Bus* dapat diamati pada **Tabel 3.3**, sementara itu nilai daya maksimal dan minimal masing-masing yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit dapat diamati pada **Tabel 3.4**

**Tabel 3.3** Data Pembebanan *System Standatd IEEE 26 Bus*.

Bus no.	Bus Kode	Tegangan Bus		Beban		Generator		Batasan Daya Reaktif	
		Magn itude p.u	Sudut	Daya Nyata (MW)	Daya Reaktif (Mvar)	Daya Nyata (MW)	Daya Reaktif (Mvar)	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)
1	1	1.025	0.0	51	41	0	0	0	0
2	2	1.020	0.0	22	15	79	0	40	250
3	2	1.025	0.0	64	50	20	0	40	150
4	2	1.050	0.0	25	10	100	0	25	80
5	2	1.045	0.0	50	30	300	0	40	160
6	0	1.00	0.0	76	29	0	0	0	0
7	0	1.00	0.0	0	0	0	0	0	0
8	0	1.00	0.0	0	0	0	0	0	0
9	0	1.00	0.0	89	50	0	0	0	0
10	0	1.00	0.0	0	0	0	0	0	0
11	0	1.00	0.0	25	15	0	0	0	0
12	0	1.00	0.0	89	48	0	0	0	0
13	0	1.00	0.0	31	15	0	0	0	0

14	0	1.00	0.0	24	12	0	0	0	0
15	0	1.00	0.0	70	31	0	0	0	0
16	0	1.00	0.0	55	27	0	0	0	0
17	0	1.00	0.0	78	38	0	0	0	0
18	0	1.00	0.0	153	67	0	0	0	0
19	0	1.00	0.0	75	15	0	0	0	0
20	0	1.00	0.0	48	27	0	0	0	0
21	0	1.00	0.0	46	23	0	0	0	0
22	0	1.00	0.0	45	22	0	0	0	0
23	0	1.00	0.0	25	12	0	0	0	0
24	0	1.00	0.0	54	27	0	0	0	0
25	0	1.00	0.0	28	13	0	0	0	0
26	2	1.015	0.0	40	20	60	0	15	50

(Sumber: *Power System Analysis, Hadi Saadat*)

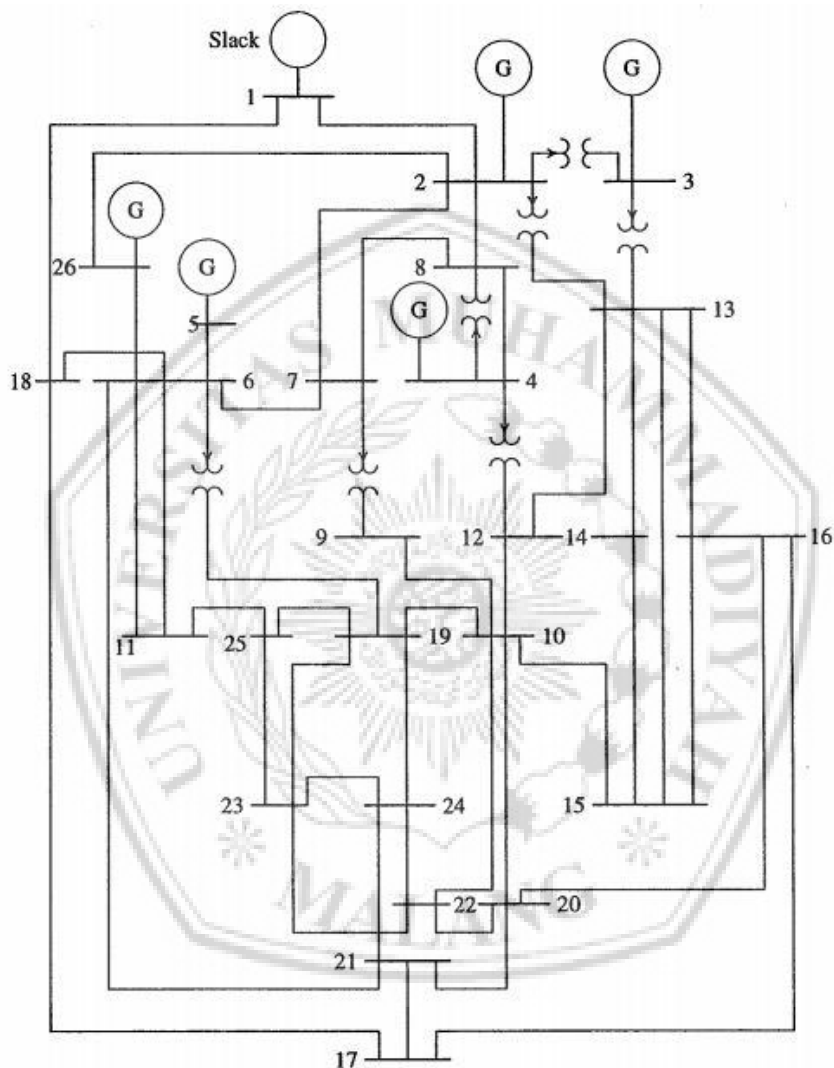
**Tabel 3.4** Data Batasan Daya Maksimal Dan Minimal Yang Dapat Dibangkitkan  
Pembangkit Pada Sistem Standar *IEEE 26 Bus*

Unit. Generator	Daya (MW)	
	Min	Max
1	100	500
2	50	200
3	80	300
4	50	150
5	50	200
6	50	120

(Sumber: *Power System Analysis, Hadi Saadat*)

### 3.1.4 Pemodelan *Single Line Diagram (SLD)* Sistem

Pada pemodelan single line diagram *System Standatd IEEE 26 Bus* ini terdapat enam unit generator yang mana satu unit generator bertindak sebagai slack yang terdapat pada bus 1, dan tentunya memiliki jumlah bus sebanyak 26 bus, dapat diamati pada **Gambar 3.1** berikut:



(Sumber: *Power System Analysis*, Hadi Saadat)

**Gambar 3.1** SLD (*Single Line Diagram*) *System Standard IEEE 26 Bus*

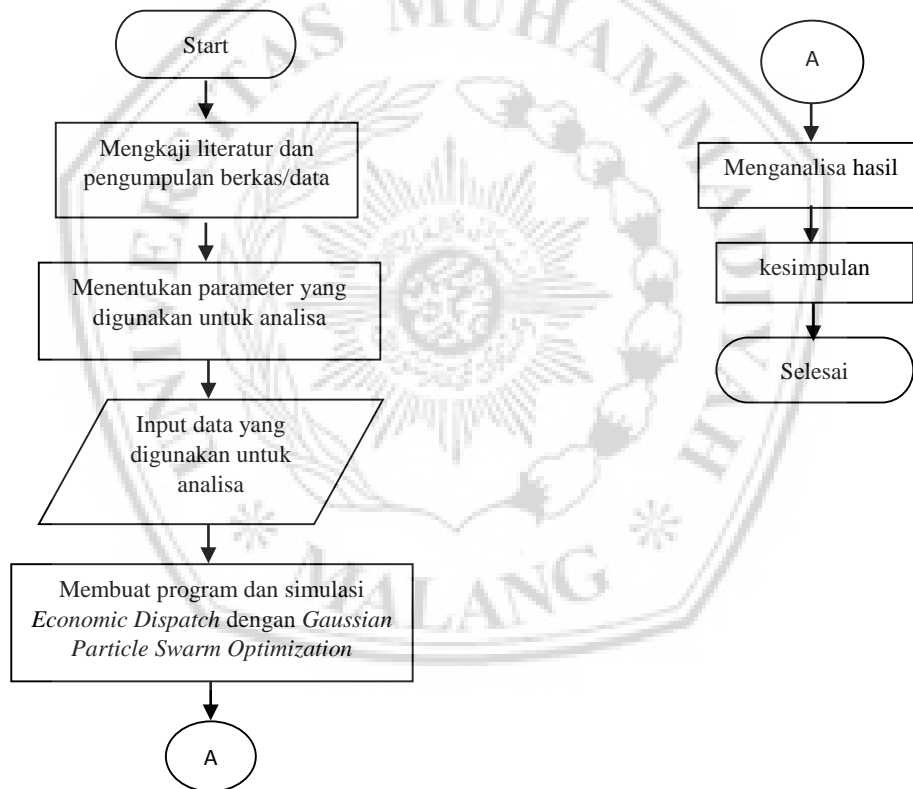
Nilai impedansi pada saluran transmisi yang diperoleh dari data awal mulanya masih berbentuk satuan ohm ( $\Omega$ ) sehingga harus dirubah terlebih dahulu kedalam bentuk satuan per unit (p.u) menggunakan persamaan (2.29), penetapan

parameter ini digunakan sebagai nilai awal/dasar dalam menetapkan nilai tegangan, daya serta nilai impedansi saluran dalam bentuk satuan per unit (p.u). Sementara itu nilai  $Z_{base}$  pada *System Standatd IEEE 26* sebesar 100 MVA.

Pada pemodelan single line diagram *System Standatd IEEE 26 Bus* ini terdapat satu unit slack bus, lima unit generator bus, dan duapuluh unit *load bus* atau bus beban, serta jumlah saluran yang saling terhung berjumlah 46 buah.

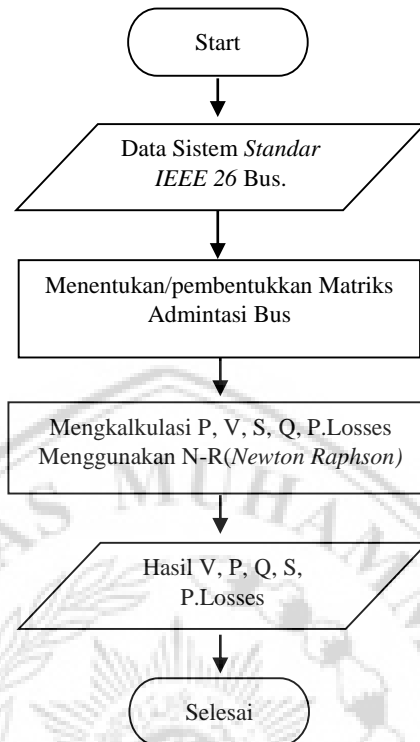
### 3.2 Runtut/Tahapan Penyelesaian

Runtutan penyelesaian penelitian ini dapat diamati pada **Gambar 3.2**, dimana pada penelitian ini akan menerapkan metode GPSO untuk mengatasi permasalahan *Economic Dispatch* (ED) pada sistem standar *IEEE 26 Bus*.



**Gambar 3.2** Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Penelitian

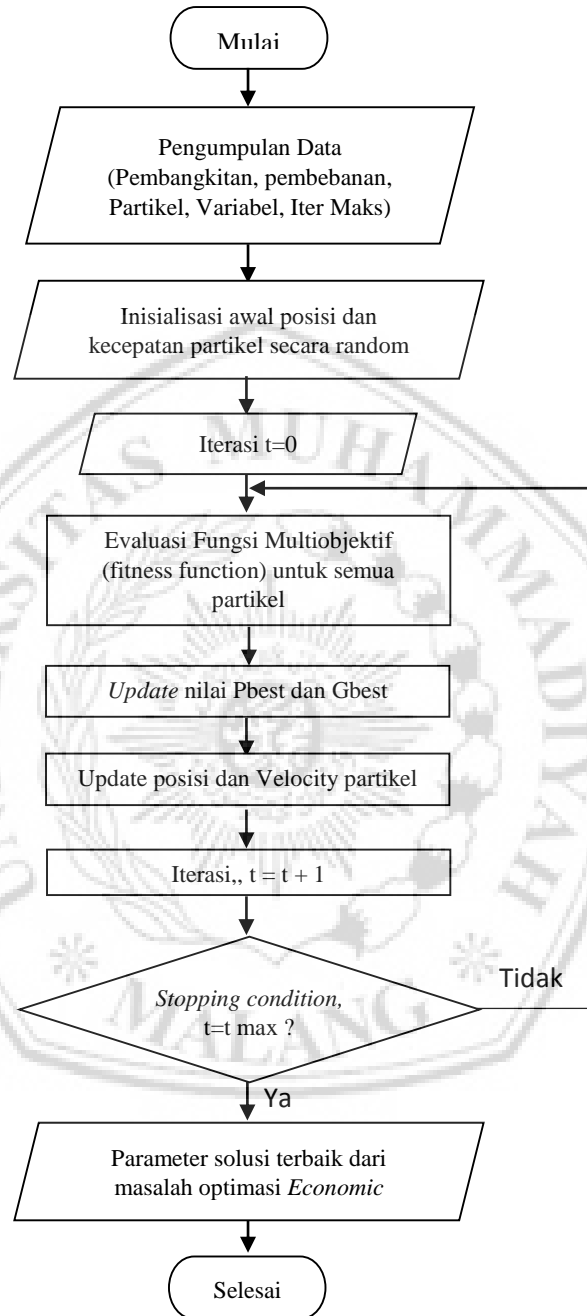
### 3.3 Implementasi Metode N-R (*Newton Raphson*) Untuk Menganalisa Aliran Daya/*Load Flow Analysis*



**Gambar 3.3** Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Aliran Daya Menggunakan N-R (*Newton-Raphson*)

Metode N-R (*Newton Rahpson*) digunakan untuk mengatasi permasalahan aliran daya yang menjadi sub-program pada masalah *Economic Dispatch* ini. Data yang diterima melalui hasil studi aliran daya merupakan nilai besaran P-Loss/rugi-rugi daya yang selanjutnya akan digunakan untuk memproses kasus/permasalahan *Economic Dispatch (ED)* dengan menggunakan *GPSO Algorithm*. Diagram alir tahapan pengerjaan aliran daya menggunakan N-R (*Newton Raphson*) dapat diamati pada **Gambar 3.3** diatas.

### 3.4 Penerapan metode optimasi menggunakan *Gaussian Particle Swarm Optimization*(GPSO) pada masalah *Economic Dispatch*



**Gambar 3.4** Diagram Alir *Economic Dispatch* Menggunakan GPSO



*Gaussian Particle Swarm Optimization*(GPSO) yakni sebagai program utama yang digunakan untuk mengatasi permasalahan *Economic Dispatch* (ED). GPSO akan mencari gabungan daya yang akan dibangkitkan oleh setiap unit pembangkit sehingga mampu mencukupi daya beban yang dibutuhkan serta mampu memperkecil biaya pembangkitan sehingga biaya menjadi lebih ekonomis/efisien. Tahapan-tahapan GPSO *Algorithm* dalam permasalahan ED dapat diamati pada **Gambar 3.4**.

### 3.5 Inisialisasi/Penamaan GPSO

Dalam prosedur ini, mencangkup sistem yang akan dioptimasi, dalam hal ini peneliti menggunakan data sistem standar *IEEE 26 bus*, agar dapat dibandingkan dengan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) yang telah dilakukan pada tahun 2018 oleh peneliti sebelumnya yakni dengan data yang sama.

#### 3.5.1 Parameter GPSO Algorithm

Parameter yang digunakan pada GPSO *Algorithm* yakni permulaan inisialisasi proses pada algoritma, antara lain parameter tersebut sebagai berikut:

c1	= 2	Dimana:	c1	= <i>Social constraint</i>
c2	= 2		c2	= <i>Cognitive constraint</i>
w	= (0,4 - 0,9)		w	= <i>Inertia Weight</i> (berat inertia)
noP	= 30		noP	= Jumlah <i>Swarm</i> /partikel
noV	= 6		noV	= Jumlah <i>Variable</i> (Jumlah generator)
Iter_max	= 1000		Iter_max	= Jumlah iterasi maksimal

*Social constraint* (c1) dan *Cognitive constraint* (c2) merupakan konstanta yang telah ditentukan pada algoritma GPSO, *Inertia Weight* merupakan perbaikan yang digunakan untuk mengurangi kecepatan, *swarm*/partikel merupakan kumpulan yang terdiri dari *variable*, *variable* merupakan parameter/objek yang akan dioptimasi/optimalkan, *Iterasi\_max* merupakan banyaknya jumlah operasi perulangan yang akan digunakan pada penelitian ini, fungsi objektif dalam penelitian ini yaitu dengan menghasilkan biaya pembangkitan yang paling minimum serta mempertimbangkan batasan yang terdapat pada permasalahan *Economic Dispatch*.

### 3.5.2 Inisialisasi Posisi dan Kecepatan Swarm/Partikel

Langkah berikutnya yaitu dengan cara menginisialisasi posisi dan kecepatan pada swarm/partikel. Jika diumpamakan suatu populasi  $x$  sebagai posisi swarm/partikel, yangmana  $x$  merupakan simbol keadaan dari suatu pembangkit, sedangkan kecepatan disimbolkan  $v$  yangmana kecepatan awal posisi semuanya akan bernilai acak (*random*) dengan batasan sebagai berikut:

$$-k(P_{ij(maks)} - P_{ij(min)}) \leq V_{ij} \leq k(P_{ij(maks)} - P_{ij(min)}).$$

Dimana:  $k$  = Merupakan faktor transisi (pada umumnya bernilai antara [0.01,0.1])

$P_{ij(maks)}$  = Daya maksimal pembangkit

$P_{ij(min)}$  = Daya minimal pembangkit

### 3.5.3 Evaluasi/pertimbangan *Fitness Function*

Untuk setiap swarm/partikel yangmana fungsi objektifnya terdapat pada persamaan (2.14). Pinalti/hukuman akan diberikan pada partikel yang melanggar batasan yang telah ditentukan. Swarm/partikel tidak akan dipilih sebagai kandidat solusi terbaik apabila melanggar batasan yang telah ditentukan.

### 3.5.4 Pemilihan Posisi Terbaik Pbest dan Gbest

*Fitness function* dipilih berfungsi agar memperoleh posisi terbaik Pbest, yakni posisi terbaik swarm/partikel yang didapat berdasarkan pengalamannya sendiri sedangkan posisi terbaik Gbest diperoleh berdasarkan posisi terbaik seluruh swarm/partikel berdasarkan *fitness function*. Untuk memperoleh Gbest, masing-masing swarm/partikel mengevaluasi posisi dirinya sendiri dan partikel lainnya.

### 3.5.5 Memperbarui Posisi dan Kecepatan Swarm/Partikel

Swarm/partikel posisinya diperbarui berdasarkan pada konsep kecepatan. Proses pembaruan ini bertujuan agar mendapatkan nilai optimal dari fungsi fitness (*fitness function*). Proses perbaikan/pembaharuan posisi dimulai dengan menetapkan kecepatan swarm/partikel menggunakan persamaan (2.50).

Berat inertia (*Inertia weight*) ( $w$ ) berfungsi agar dapat meredam/mengurangi kecepatan sepanjang iterasi berlangsung, yang berpotensi untuk dapat mencapai titik tujuan/target menjadi semakin teliti(akurat) dan tepat, apabila nilai berat inertia besar mengakibatkan bertambahnya porsi pencarian global, sebaliknya pada

pencarian lokal apabila nilai berat inerti kecil. Agar tidak membebankan pada salah satu sisi/bagian serta tetap mencari daerah pencarian yang baru tetap pada kawasan dimensi tertentu, sehingga perlu mencari harga berat inerti yang seimbang menjaga global dan lokal. Agar memperoleh itu serta mempercepat konvergensi, suatu inerti yang nilainya mengecil dengan bertambahnya jumlah iterasi menggunakan persamaan (2.51).

Dimana  $w_{max}$  dan  $w_{min}$  masing-masing merupakan nilai awal dan akhir bobot inerti,  $it_{max}$  merupakan jumlah/banyaknya iterasi maksimal yang dilakukan pada percobaan, sedangkan  $it$  merupakan iterasi sekarang. Umumnya menggunakan harga  $w_{max} = (0.9)$  dan  $w_{min} = (0.4)$ .

